УДК 631.3-82-192(04)

В.Н. ГЕЛЕВЕРОВ, А.Д. ДЬЯЧЕНКО

САМОХОДНЫЕ ЗЕРНОУБОРОЧНЫЕ КОМБАЙНЫ КАК ОБЪЕКТЫ ГИДРОФИКАЦИИ

Проведен анализ назначения конструктивно-технологического устройства зерноуборочных комбайнов, а также состава всех энергопотребителей, показаны возможности их гидрофикации.
Ключевые слова: *самоходные зерноуборочные комбайны, устройство, технологический процесс, рабочие органы, механизмы управления, автоматические системы, приводы.*

Введение. Основным техническим средством уборки зерновых культур являются самоходные зерноуборочные комбайны. По состоянию на 2008 г. их парк в России составлял около 400 тыс., в странах ЕС – 500 тыс., в США – 660 тыс. В качестве энергетического средства зерноуборочные комбайны оснащаются двигателем внутреннего сгорания мощностью от 55 до 250 кВт, в России – в основном от 90 до 130 кВт.

Одним из главных направлений совершенствования зерноуборочных комбайнов является комплексная гидрофикация их приводов на основе применения перспективных схемотехнических решений. Реализация этого направления возможна прежде всего на основе детального анализа устройства зерноуборочных комбайнов, реализуемых ими технологических процессов, а также состава и характеристик энергопотребителей комбайнов.

Зерноуборочные комбайны представляют собой совокупность логически связанных между собой функциональных блоков (рис.1).

Уборка биологического урожая осуществляется зерноуборочными комбайнами в ходе непрерывного технологического процесса (рис.2) посредством рабочих органов, в основном активных (в технологическом процессе, приведенном на рис.2, из тридцати двух рабочих органов пассивных только шесть), функционирующих за счет использования энергии источника.

Управление рабочими органами самоходных зерноуборочных комбайнов в полевых и транспортных условиях обеспечивается посредством механизмов позиционирования, регулирования, реверсирования и включения-выключения (табл.1).

Таблица 1

Позиционирование		
Объекты, цели		Механизмы
1	2	3
1	Мотовило жатки относительно режущего аппарата в вертикальном направлении	Два функционирующие синхронно шарнирно-рычажные, имеющие по одному звену с изменяющейся длиной
2	То же, в горизонтальном направлении	
3	Жатка в вертикальном направлении	
4	Подбарабанье относительно барабана	Шарнирно-рычажный
5	Жалюзи верхнего решета, изменение угла наклона	
6	Шнек бункера выгрузной, обеспечение транспортного и рабочего положений	Шарнирно-рычажный, имеющий звено с изменяющейся длиной

Окончание табл.1

1	2	3
8	Копнитель, обеспечение положений: загрузка и выгрузка	Шарнирно-рычажный фиксируемый управляемыми защелками
	Регулирование	
1	Мотовило жатки, частота вращения	Вариатор
2	Барабан, частота вращения	
3	Вентилятор очистки, частота вращения	
4	Ведущие колеса, частота вращения	
	Реверсирование	
1	Нож режущего аппарата	Кривошипно-шатунный, качающаяся шайба, планетарный
2	Шнек жатки при его забивании	Реверсивный редуктор
3	Транспортер наклонной камеры при его забивании	Рычажно-храповой
4	Молотильный аппарат при его забивании	
	Включение-выключение	
1	Рабочие органы жатки при их забивании, а также при маневровых и транспортных перемещениях комбайна	Шарнирно-рычажный
2	Молотильный барабан	
3	Выгрузное устройство бункера	
4	Механизм выгрузки копны	

Рис. 1. Структура элементов зерноуборочных комбайнов

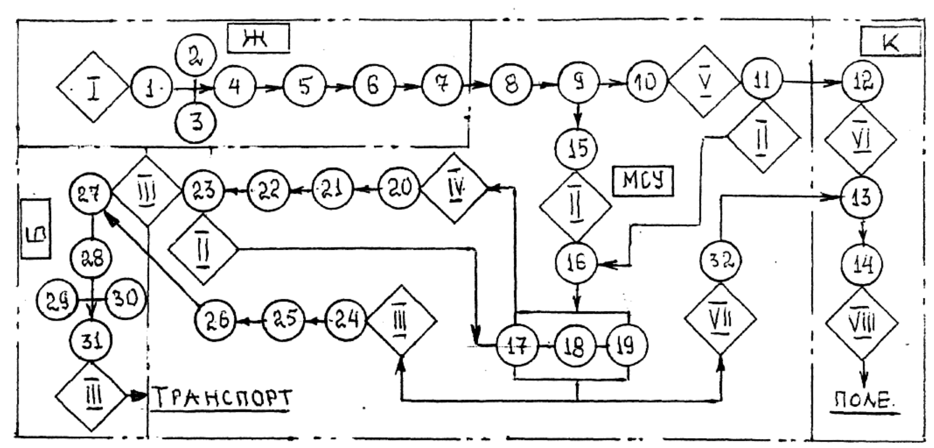
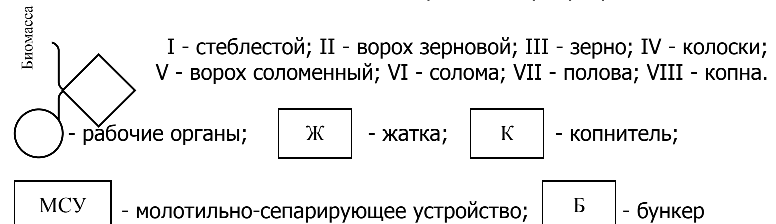


Рис. 2. Схема технологического процесса зерноуборочного комбайна:



I - стеблестой; II - ворох зерновой; III - зерно; IV - колоски; V - ворох соломенный; VI - солома; VII - полова; VIII - копна.

- рабочие органы; Ж - жатка; К - копнитель;

МСУ - молотильно-сепарирующее устройство; Б - бункер

1 - делители; 2 - мотовило; 3 - режущий аппарат; 4 - шнек; 5 - пальчиковый механизм; 6 - битер проставки; 7 - транспортер наклонной камеры; 8 - битер приемный; 9 - барабан; 10 - битер отбойный; 11 - соломотряс; 12 - соломонабиватель; 13 - камера копнителя; 14 - механизм сброса копны; 15 - подбарабанье; 16 - транспортная доска; 17 - решето верхнее; 18 - решето нижнее; 19 - вентилятор; 20 - шнек колосовой; 21 - элеватор; 22 - устройство домолачивающее; 23 - зерновой шнек; 24 - скатная доска; 25 - шнек зерновой; 26 - элеватор; 27 - шнек загрузочный бункера; 28 - бункер; 29 - шнек горизонтальный выгрузной бункера; 30 - вибропобудитель бункера; 31 - выгрузной наклонный шнек бункера; 32 - половонабиватель

Неотъемлемой частью конструкций современных зерноуборочных комбайнов становятся средства автоматизации (табл.2).

Таблица 2

Системы автоматического регулирования высоты среза
На основе безопорного копирования жаткой рельефа поля стабилизируется высота среза, её независимость от колебаний осттова комбайна, что и обеспечивает снижение потерь урожая за жаткой, а также эффективное выполнение технологических операций молотильно-сепарирующим блоком комбайна.
Системы автоматического вождения комбайна
Автоматическое вождение зерноуборочного комбайна, например по валку убираемой культуры, обеспечивает соответствующее позиционирование приемных устройств жатки (режущего аппарата, мотовила, подборщика и т.д.), в результате повышается эффективность их работы, а также существенно облегчается труд комбайнера.
Системы автоматического выравнивания остова комбайна
Автоматическое выравнивание остова зерноуборочного комбайна при работе на склонах обеспечивает безопасность проведения уборочных работ, а также обеспечивает нормальное протекание технологического процесса без увеличения потерь зерна.
Системы автоматического контроля положения транспортного средства относительно комбайна
Системы создают условия для увеличения технологической скорости уборочных работ посредством включения-выключения выгрузного транспортера бункера комбайна в зависимости от взаимного расположения комбайна и транспортного средства.

Окончание табл.2

Автоматические системы рулевого управления комбайном
Эти системы существенно облегчают управление комбайном, так как они представляют собой автоматические следящие системы, в функционировании которых комбайнер реализует лишь подачу входного сигнала управления.
Автоматические системы управления загрузочными режимами зерноуборочных комбайнов (одномерные, двухмерные, многоконтурные, самонастраивающиеся). Эти системы разрабатываются по параметрам состояния, измерение которых характеризуют загрузку зерноуборочного комбайна, компенсируют влияние внешних возмущений значительно эффективнее, чем комбайнер.

Автоматизация уборочных процессов зерноуборочных комбайнов позволяет повысить не только скорость уборки и производительность комбайнов, но и качество уборки, что в значительной мере объясняется разницей во времени реакции человека на случайные сигналы (0,2-0,3 с) и автоматических регуляторов (нескольких миллисекунд). Применение средств автоматизации становится актуальным также из-за усложнения функций комбайнера, поскольку у него совмещаются роли водителя и оператора, а также в связи с тем, что затрудняется контроль за рабочими органами в условиях герметизации и звукоизоляции кабины и значительного удаления рабочих органов от места комбайнера.

В качестве энергетического средства зерноуборочные комбайны оснащаются двигателем внутреннего сгорания, энергия которого используется энергопотребителями (движителями; активными и пассивными рабочими органами; механизмами позиционирования, регулирования, реверсирования, включения-выключения; автоматическими системами) комбайна для реализации маневровых и транспортных перемещений комбайна, технологических процессов уборки биологического урожая, а также для обеспечения комфортных условий работы в кабине комбайнера. В конструкциях современных зерноуборочных комбайнов энергетические потоки от источника к потребителям формируются посредством как гидравлических, так и механических приводов. Посредством гидравлического привода формируются энергопотоки к движителям (рис.3), механизму управляемых колес (рис.4), а также к периодически действующим механизмам позиционирования, реверсирования, регулирования, включения-выключения (рис.5). Суммарная мощность этих энергетических потоков составляет около 35% мощности энергетического источника комбайна.

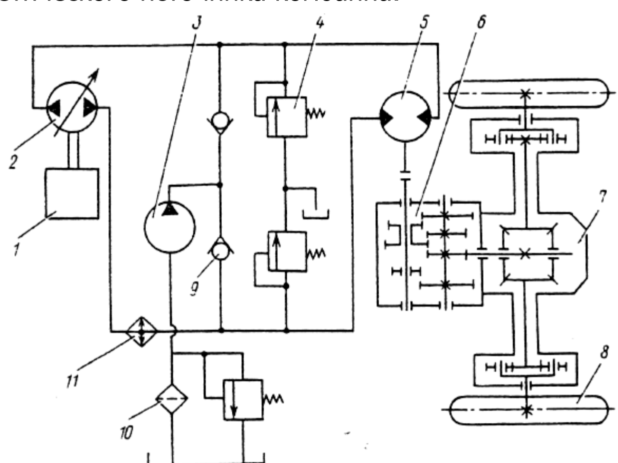


Рис.3. Схема гидротрансмиссии комбайна «Дон-1500»: 1-двигатель; 2-регулируемый насос; 3-насос подпитки; 4-клапан; 5-гидромотор; 6-коробка передач; 7-задний мост; 8-ведущие колеса; 9-обратный клапан; 10-фильтр; 11-охладитель

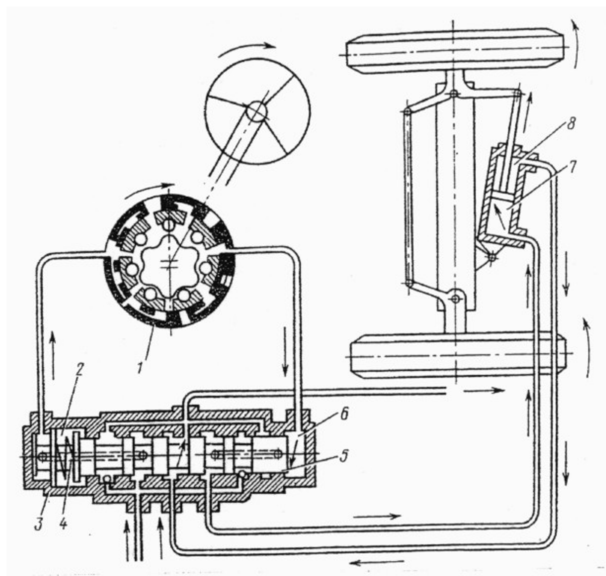


Рис.4. Схема гидравлического управления самоходными машинами: 1 - насос-дозатор; 2, 6 - полости распределителя; 3 - крышка; 4 - пружина; 5 - золотник; 7, 8 - полости гидроцилиндра

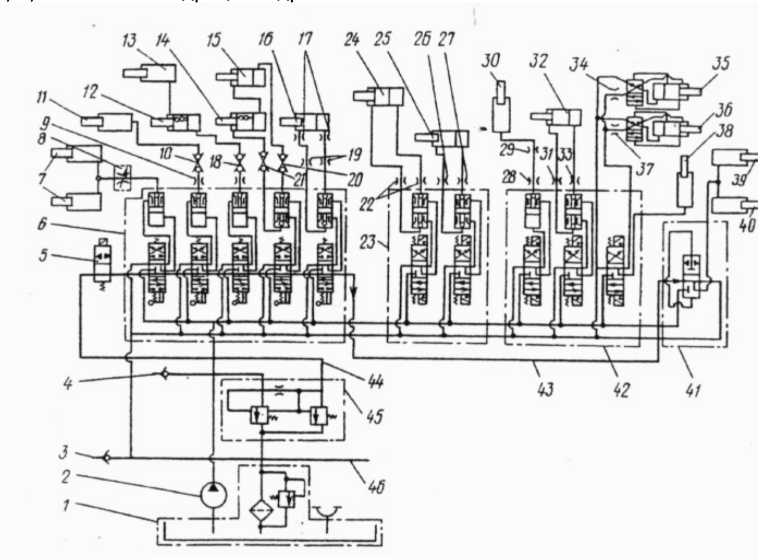


Рис. 5 Схема гидравлической системы управления механизмами зерноуборочного комбайна «Дон-1500»: 1 - резервуар; 2 - насос; 3, 4 - наружные полумуфты; 5 - гидроклапан с электромагнитным управлением; 6 - гидрораспределитель с ручным управлением; 7 - гидроцилиндры подъема и опускания жатки; 8 - дросселирующий регулируемый кран; 9, 17, 19, 23, 26, 27, 28, 29, 31, 33, 34, 37, 41 - распределители; 10, 18, 20, 21 - муфты; 11 - гидроцилиндр вариатора мотовила; 12 и 13 - гидроцилиндры вертикального перемещения мотовила (левый и правый); 14 и 15 - гидроцилиндры горизонтального перемещения мотовила (левый и правый); 16 - гидроцилиндр механизма включения молотилки; 22 - двухсекционный гидрораспределитель с электромагнитным управлением; 24 - гидроцилиндр прокрутки наклонной камеры; 25 - гидроцилиндр привода выгрузных шнеков; 30 - гидроцилиндр вариатора молотильного барабана; 32 - гидроцилиндр поворота наклонного выгрузного шнека; 35, 36 - гидродвигатели для вибрации стенки бункера; 38 - гидроцилиндр открытия копнителя; 39, 40 - гидроцилиндры закрытия копнителя; 42 - трехсекционный гидрораспределитель с электромагнитным управлением; 43, 44 - трубопроводы канала управления; 45 - предохранительно-переливной клапан основной гидросистемы; 46 - трубопровод канала соединения с системой рулевого управления

Посредством механического привода формируются энергетические потоки к активным рабочим органам. Суммарная мощность этих потоков около 60% мощности двигателя. В связи с тем, что активные рабочие органы значительно удалены от источника энергии и имеют относительно него сложную пространственную ориентацию, энергетические потоки к ним формируются в основном посредством цепных и ременных передач. Например, зерноуборочный комбайн «Дон-1500» с жаткой захватом 6м и копнителем имеет трансмиссию (рис.6), состоящую из 17 клиноременных передач, 15 цепных передач, 3 клиноременных вариаторов. Для привода наиболее ответственных рабочих органов в четырех контурах применены многоручьевые ремни. В наиболее ответственных и нагруженных передачах вместо обычных натяжных устройств устанавливаются подпружиненные натяжные устройства, обеспечивающие автоматическое постоянное натяжение ремней.

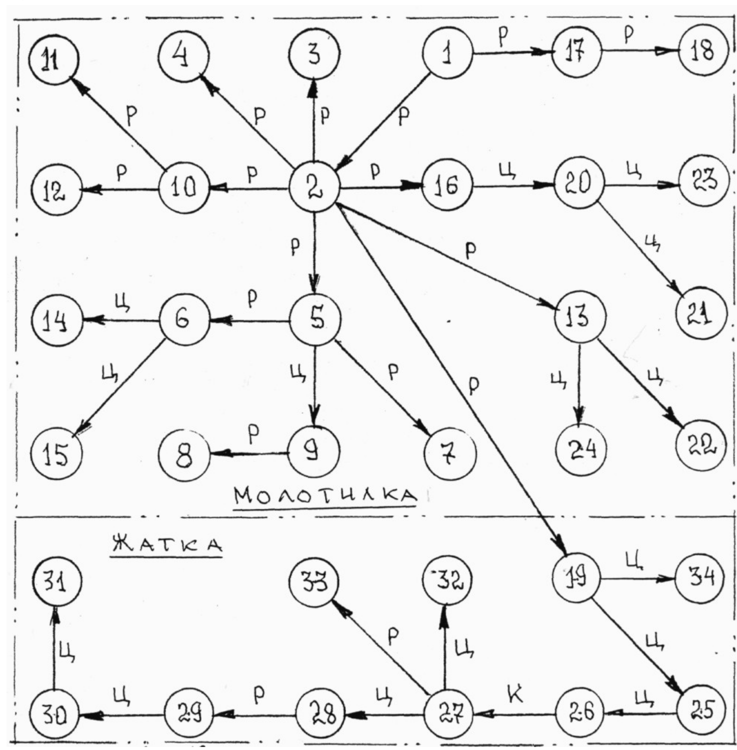


Рис.6. Схема передач комбайна «Дон-1500»: ○ - валы; Ц – цепные передачи; Р – ременные передачи; К – карданная передача; 1 – двигателя; 2 – битера; 3 – барабана; 4 – домолота; 5 – заднего контрпривода; 6 – верхний колосового элеватора; 7 – соломотряса; 8 – соломонабивателя; 9 – половонабивателя; 10 – контрпривода вентилятора; 11 – вариатора вентилятора; 12 – очистки; 13 – контрпривода выгрузного устройства; 14 – нижний колосового элеватора; 15 – распределительного шнека; 16 – контрпривода зерновой группы; 17 – гидронасоса; 18 – компрессора кондиционера; 19 – наклонной камеры; 20 – верхний зерновой группы; 21 – шнека загрузочного бункера; 22 – шнека выгрузного горизонтального; 23 – нижний зернового элеватора; 24 – шнека наклонного выгрузного; 25 – трансмиссионный; 26 – контрпривода жатки; 27 – жатки; 28 – вариатора мотовила ведущий; 29 – вариатора мотовила ведомый; 30 – контрпривода мотовила; 31 – мотовила; 32 – шнека жатки; 33 – механизма привода ножа; 34 – битера проставки

Меры по повышению потребительских свойств и качеств зерноуборочных комбайнов, а также их эксплуатационных показателей в рамках концепции развития механизации уборки зерновых культур [8] предусматривают гидрофикацию комбайнов, электрогидравлическое управление их рабочими органами и механизмами. Применительно к зерноуборочным комбайнам (например, «Дон-1500») комплексная их гидрофикация может быть реализована заменой механического привода их активных рабочих органов гидравлическим, принципиальная схема которого представлена на рис.7.

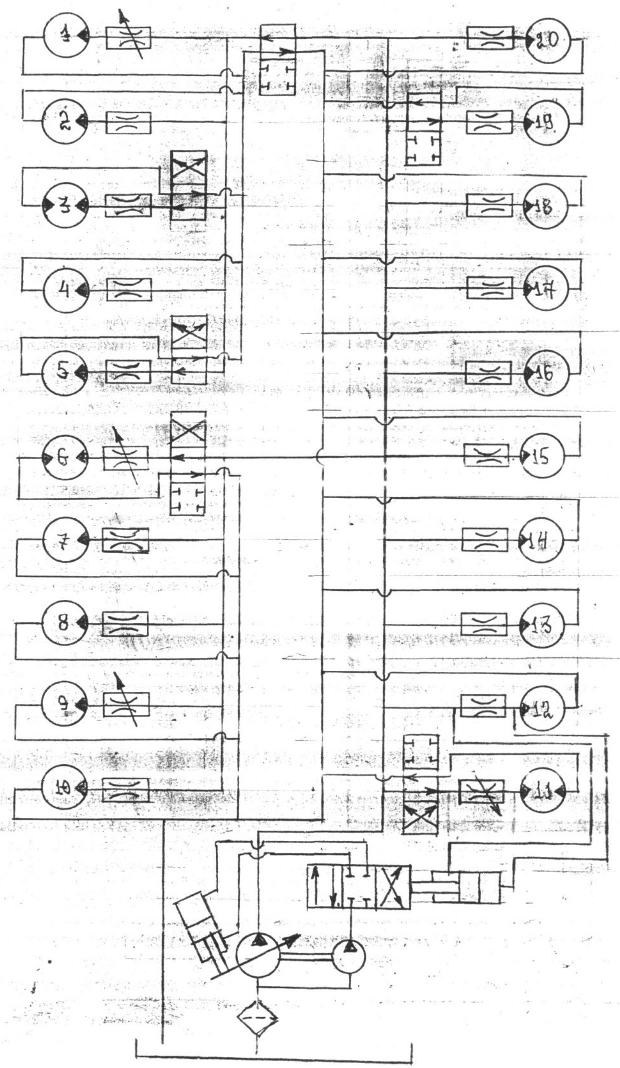


Рис. 7 Принципиальная схема гидравлической системы активных рабочих органов зерноуборочного комбайна «Дон-1500»; гидродвигатели: 1 - мотовила; 2 - ножа режущего аппарата; 3 - шнека жатки; 4 - битера проставки; 5 - транспортера наклонной камеры; 6 - барабана; 7 - отбойного битера; 8 - решетного стана; 9 - вентилятора; 10 - соломотряса; 11 - соломонабивателя; 12 - шнека колосового домолота; 13 - элеватора домолота; 15 - шнека зернового домолота; 16 - шнека зернового; 17 - элеватора; 18 - шнеков загрузочных бункера; 19 - шнеков выгрузочных бункера; 20 - половонабивателя

Гидрофикация активных рабочих органов зерноуборочных комбайнов «Дон-1500» дает следующие перспективные возможности:

- уменьшение числа валов с соответствующими шарнирными опорами на 12 единиц (валы контрприводов – 6 шт, валы вариаторов – 3 шт, вал механизма привода ножа жатки, трансмиссионный вал жатки);
- исключение из конструкции привода громоздких и тяжелых клиноременных (17 единиц) и цепных (15 единиц) передач, требующих оснащения специальными механизмами натяжения, а также громоздких и металлоемких конструктивных элементов защиты;
- исключение необходимости сложных, металлоемких механизмов: клиноременных вариаторов (вентилятора, мотовила, барабана); механизма привода режущего аппарата; реверсивного редуктора шнека жатки; механизмов реверса (наклонной камеры, молотильного барабана); механизмов включения и экстренного отключения жатки; привода молотилки; контрпривода выгрузного устройства бункера;
- существенное упрощение и повышение надежности системы защиты от перегрузок.

Кроме того, исследованиями [9] было установлено, что оснащение зерноуборочных комбайнов однотипными (гидравлическими) трансмиссиями вместо разнотипных (механической и гидравлической) исключает негативное влияние дифференциальной реономной (нестационарной) связи между разнотипными трансмиссиями и тем самым повышает эффективность зерноуборочных комбайнов. Так, оснащение молотильного барабана гидравлическим приводом вместо ременного вариатора на зерноуборочном комбайне «Дон-1500» привело к выравниванию затрат энергии на функционирование барабана и движение комбайна и позволило повысить пропускную способность комбайна с 8,3 до 9,4 кг/с при сохранении уровня потерь зерна 1,5%.

Выводы. Современные зерноуборочные комбайны представляют собой сложную трансформируемую техническую систему, содержащую большое количество в основном активных рабочих органов, функционирующих как в одновременном, так и в последовательном режимах, а также механизмов управления и автоматических систем. Энергопотребители значительно удалены и сложно ориентированы относительно источника энергии в пространстве с размерами до 12м х 8м х 5м. Повышение потребительских свойств и качеств зерноуборочных комбайнов, а также их эксплуатационных показателей возможно на основе их комплексной гидрофикации.

Библиографический список

1. *Серый Г.Ф.* и др. Зерноуборочные комбайны. – М.: Агропромиздат, 1986.
2. *Песков Ю.А.* и др. Зерноуборочные комбайны «Дон». – М.: Агропромиздат, 1986.
3. *Шаткус Д.И.* Зерноуборочные комбайны «Енисей». – М.: Агропромиздат, 1986.
4. *Гельфенбейн С.П.* Основы автоматизации сельскохозяйственных агрегатов. – М.: Колос, 1975.
5. *Гельфенбейн С.П.* и др. Электроника и автоматика в мобильных сельскохозяйственных машинах. – М.: Агропромиздат, 1986.

6. *Настенко Н.Н.* и др. Системы автоматического регулирования зерноуборочных комбайнов. – М.: Машиностроение, 1973.
7. *Шеповалов В.Д.* Автоматизация уборочных процессов, 2-е издание, перераб. и доп. – М.: Колос, 1978.
8. Концепция развития механизации уборки зерновых культур на период до 2005 года. – М.: ВИМ, 1994.
9. *Богданович В.П.* Применение гидропривода в трансмиссиях зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – №10.

Материал поступил в редакцию 07.07.08.

V.N. GELEVEROV, A.D. DIATCHENKO

PROSPECTS OF DEVELOPMENT AND APPLICATION OF AUTOMATED VOLUMETRIC HYDROMECHANICAL DRIVE FOR A COMBINE HARVESTER

The analysis of agricultural machines as objects of hydrofication is lead. The description of the device and functioning one-machine drive is given, the mathematical model, dynamics of a multiline hydraulic drive is resulted.

ГЕЛЕВЕРОВ Владимир Николаевич (р.1960), заведующий кафедрой «Автомобилестроение» филиала ДГТУ (г.Таганрог). Окончил НПИ (1988).
Область научных интересов: разработка и повышение технического уровня объемных гидромеханических передач мобильных сельскохозяйственных машин.

ДЬЯЧЕНКО Анатолий Дмитриевич (р.1950), заведующий кафедрой «Сервис и техническая эксплуатация автотранспортных средств» ДГТУ, доктор технических наук (2003). Окончил РИСХМ (1976).
Область научных интересов: разработка и повышение технического уровня объемных гидромеханических передач мобильных сельскохозяйственных машин.
Автор 95 научных работ.